Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Das Unterbleiben der Keimung in den Behältern der Mutterpflanze

Von

Heinz Oppenheimer

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 184 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Juni 1922)

Einleitung.

In den »Pflanzenphysiologischen Mitteilungen aus Buitenzorg«, die J. Wiesner im letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts veröffentlichte, findet sich eine Schrift, die er »Vergleichende physiologische Studien über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* und *Loranthus*« nennt. Hier beschäftigt er sich u. a. mit den Ursachen des langen Keimverzugs von *Viscum album* und schließt aus der Beobachtung, daß schleimfreie Samen dieser Spezies besser keimen als mit Schleimhülle versehene, auf das Vorhandensein einer in dem Schleim auftretenden Substanz, die »eine Hemmung der Keimung« bewirke.

Über die »biologische Verwertung« seiner Beobachtung äußert sich Wiesner folgendermaßen: »Eine solche die Keimung hemmende Substanz erscheint gerade für Samen, welche, ohne von einer harten Schale oder von einer für Wasser undurchgängigen Hülle umkleidet zu sein, in einem wasserreichen Fruchtfleisch liegen, notwendig. Denn solche Samen sind, wie wir gesehen haben, zur Zeit der Reife so wasserreich, daß ihrer Keimung nichts im Wege steht. Denn ist der Samen keimfähig, besitzt er die nötigen Wassermengen, so benötigt er nur die Keimungstemperatur und Sauerstoff, um keimen zu können. Speziell die Mistelsamen bedürfen außerdem noch des Lichtes.« Daß unter diesen Umständen die Keimung nicht bereits zur Herbstzeit eintritt, erklärt sich

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wiesner durch Annahme eines Hemmungsstoffes, einer Substanz, welche den Keimungsprozeß aufhält.

Die hier von Wiesner aufgestellte Hypothese wurde von Heinricher nachhaltig bekämpft und tatsächlich darf es nach den Untersuchungen dieses ausgezeichneten Kenners unserer phanerogamen Parasiten als bewiesen gelten, daß von einer »durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode« bei dem Samen von *Viscum album* nicht mehr die Rede sein kann. Die Erscheinung, die Wiesner zur Aufstellung seiner Hypothese von der Hemmungssubstanz führte, muß auf andere Weise erklärt werden.[1]

Fragestellung.

So hat sich denn der Gedanke Wiesners für die Mistel als irrig erwiesen und die Forschung beschäftigte sich nicht mehr mit ihm. Erst Molisch stellte das Problem von neuem. Nach ihm ist es eine »höchst auffallende Erscheinung«, daß die meisten Samen in den Früchten nicht zur Keimung gelangen, während sie auf Erde oder auf feuchtem Filtrierpapier leicht zur Keimung zu bringen sind. Was verhindert besonders in fleischigen Früchten die Keimung der Samen? Ist es der Sauerstoffmangel? Befinden sich die Samen infolge osmotischer Verhältnisse in einem physiologisch trockenen Medium? Oder »hemmen die Stoffe des Fruchtfleisches die Keimung«?

Molisch erkannte weiter, daß das gleiche Problem des Unterbleibens der Keimung von Fortpflanzungskörpern in den Behältern der Mutterpflanze auch für trockene Früchte und die Sporangien der Kryptogamen besteht. Besonders aber hatte ihm seit längerer Zeit die Beobachtung zu denken gegeben, daß die Brutknospen der *Marchantia polymorpha* lange Zeit fertig ausgebildet in den Bechern liegen können, ohne auszukeimen, während die Keimung in wenigen Tagen einsetzt, sowie man die Brutkörper den Bechern entnimmt und auf Erde oder feuchtem Filtrierpapier sich selbst überläßt. Sind doch hier zweifellos alle äußeren Bedingungen zur Keimung gegeben. Bei diesem Objekt schien die Annahme von Hemmungsstoffen geradezu zwingend.

Molisch stellte mir nun die Aufgabe, die Verbreitung und die Ursachen der eben erwähnten Erscheinungen aufzuklären. Die Ergebnisse meiner Untersuchungen und ihre kritische Betrachtung bilden den Inhalt der vorliegenden Arbeit.

Sie ist weit davon entfernt, eine erschöpfende Darstellung und eine vollständige Lösung des Problems zu bringen, die erst nach jahrelanger Arbeit unter Mitwirkung von Chemikern sich wird

---

[1] Heinricher E.: Über den Mangel einer durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode bei den Samen der Mistel (*Viscum album* L.). Sitzungsber. Ak. d. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., I. 125. Wien, 1916.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gewinnen lassen. Hier handelt es sich um eine allgemeine Umgrenzung der Frage, in deren Rahmen sich die folgenden Versuche einordnen, ferner eine Zusammenstellung der wichtigsten Schriften jener Forscher, die auf benachbarten Gebieten gearbeitet haben und deren Kenntnis für die Lösung des Problems wesentlich erscheint und endlich um einige Versuche, die nach Feststellung einer einfachen, aber brauchbaren Methodik zu immer zuverlässigeren Ergebnissen führten. Es ist mir ein dringendes Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. Hans Molisch, meinem hochverehrten Lehrer, und ebenso Herrn Dr. G. Klein, Privatdozenten am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien, für ihre ständige Förderung und Führung an dieser Stelle meinen ergebensten und herzlichsten Dank auszusprechen.

Die Literatur über Keimung von Fortpflanzungskörpern am Orte ihrer Entstehung.

Die Angaben, die sich in der Literatur über die hier zu behandelnden Hemmungserscheinungen finden, sind außerordentlich spärlich. Außer der bereits erwähnten Arbeit Wiesners über *Viscum album* sind fast ausschließlich Leguminosen untersucht worden, deren Samen »in der Fruchthülle vertrieben zu werden pflegen«. Die Landwirtschaft hatte begreiflicherweise ein Interesse daran, zu erfahren, ob es vorteilhaft sei, solche Samen von den Hülsen zu befreien, bevor man zur Aussaat schreitet. Unter diesem Gesichtspunkte untersuchte bereits im Jahre 1877 v. Jasienski[1] unter Nobbe den Einfluß der Hülsen von *Onobrychis sativa* auf die von ihnen umschlossenen Samen und fand eine Verzögerung der Keimung. Mit dem gleichen Objekt arbeitete in jüngster Zeit Riviera[2] und kam zu dem gleichen Ergebnis. Von Gola[3] wurde für eine größere Anzahl Leguminosen festgestellt, daß ihre Samen in den Früchten keimen. Ich komme auf diese Arbeiten bei Besprechung eigener Versuche mit Leguminosen zurück.

Fehlt schon bei der zuletzt erwähnten Arbeit Golas der Vergleich mit gleichzeitig frei ausgesäten Samen, so beschränken sich die nun folgenden Angaben ausschließlich auf die Feststellung, daß Keimung in Früchten beobachtet oder aber experimentell hervorgerufen wurde. (Daß sich die älteren Autoren über das Ungewöhnliche ihrer Beobachtungen klar waren, geht nur aus der Tatsache hervor, daß sie diese einer Veröffentlichung für wert erachteten. Warum aber im normalen Ablauf die Keimung unterbleibt,

---

[1] Nobbe und Haenlein, Über die Resistenz von Samen gegen die äußeren Faktoren der Keimung. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Bd. XX (1877).

[2] Riviera, Sopra le condizioni di sviluppo di alcuni semi e la funzione del guscio. Rivista di biologia, Bd. 4, H. 1, p. 14 bis 22 (1922).

[3] Gola, G., Ricerche sulla biologia e sulla fisiologia dei semi a tegumento impermeabile, Ac. R. d. scienze d. Torino. Turin 1905.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

wird nirgends einer Prüfung unterzogen.) So beobachtete Schuch[1] Samen der Steineiche, die im Becher sitzend, Wurzeln gebildet hatten und gibt an, daß Nördlinger[2] derartige Keimungen schon auf dem Baume festgestellt habe. Treichel[3] berichtet über das Auswachsen des Getreides (*Triticum sativum* und *Secale cereale*) auf dem Halm und Ascherson[4] über einen Fall von Keimung im Innern eines Apfels. Savelli[5] fand junge Pflänzchen in den Kapseln einiger Varietäten von *Nicotiana rustica* und erwähnt hierbei, daß er Keimlinge von *Citrus Limonum* in den Früchten der eigenen Art häufig beobachtet habe. Ebenfalls fand er bei *Zea Mays* Keimpflanzen von 3 *cm* Länge am Kolben der Mutterpflanze. In der Arbeit Savellis findet sich auch ein weiterer Hinweis auf eine Arbeit von Mac Keller[6] und eine Zusammenstellung über Fruchtkeimungen bei Costerus[7]. In diese Arbeiten habe ich keine Einsicht nehmen können.

Molisch[8] beschreibt die Keimung von *Ardisia crenulata* in der Frucht, nach mündlicher Mitteilung haben Schnarf Fruchtkeimung bei einer terrestrischen Form von *Callitriche verna*, Klein bei *Cucumis sativa*, Viereck bei *Pisum sativum*, Boerner sogar bei einer unreif geernteten Frucht von *Solanum Lycopersicum* beobachtet. Bei *Theobroma Cacao* ist Fruchtkeimung häufig. Modry[9] erreichte die Auskeimung der Samen von *Phaseolus multiflorus* aus den grünreifen Früchten durch Äther und durch Einspritzung von Wasser oder gezuckerter Milch.

Alle diese Beobachtungen, so wesentlich ihre Kenntnis an sich erscheinen mag, sind nicht geeignet, uns der Lösung unseres Problems näher zu führen. Einblick ließ sich nur durch neue Experimente gewinnen.

Eigene Untersuchungen.

Bevor ich nun an die Darstellung meiner Versuche herangehe, möchte ich zunächst noch einige allgemeine Betrachtungen voraus-

---

[1] Schuch, J., Keimen die Eicheln, solange sie sich auf dem Baum befinden. Termisset, Budapest 1876, Nr. 24, p. 336. Ungarisch. Zitiert nach Just.

[2] Nördlinger, Deutsche Forstbotanik, I. p. 261.

[3] Treichel, Über vorzeitige Keimung. Verhandlungen d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. XXII, Berlin 1880, p. XI bis XIII.

[4] Ascherson, P., Keimung im Innern eines Apfels. Verhandlung. des bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, Bd. XVII, Berlin 1875, p. 79 bis 80.

[5] Savelli, R., Anomalie delle plantule e anomalie di germinazione in Nicotiana. Nuovo Giornale Bot. Italiano, XXVII, Nr. 2 bis 4, 1920.

[6] Mac Keller, Melon with seeds germinating. Gard. Chronicle London 1898, p. 128.

[7] Costerus, Kieming van Zaaden binnen de vrucht. Gent. Bot. Jaarboek Dodonaea, Bd. 10, 1898, p. 135 bis 141.

[8] Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, 3. Aufl. 1920, p. 287 (Abbildung).

[9] Modry, A., Das Keimen von *Phaseolus*-Samen in der Frucht. Österr. bot. Zeitschr., Bd. LXIII, 1913, p. 451 bis 453 (Abbildung).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

schicken, die sich auf die Auswahl der Objekte und die von mir angewandte Methodik beziehen. Grundsätzlich ist festzustellen, daß fast alle Pflanzen, abgesehen von jenen, die sich nur durch Teilung oder Sprossung vermehren, in den Behältern ihrer Fortpflanzungskörper Hemmungserscheinungen zeigen könnten und daher in den Kreis der Untersuchung einzubeziehen wären. Praktisch liegen die Dinge aber für eine Untersuchung, die noch nicht den Anspruch erhebt, erschöpfend zu sein, wesentlich anders.

Zunächst sind alle jene Objekte auszuschließen, die Fortpflanzungskörper im Zustande voller Lebenstätigkeit entlassen. Wenn es auch nicht eben ausgeschlossen erscheint, daß etwa die Schwärmsporangien einer *Saprolegnia* Einrichtungen besitzen, die ein vorzeitiges Zur-Ruhe-Kommen und Keimen der Sporen im Sporangium ausschließen, so ist dies doch in höchstem Grade unwahrscheinlich und der Untersuchung unzugänglich. Auch spricht die Beobachtung Sauvageaus,[1] der die Schwärmsporen einer *Saccorrhiza* innerhalb des Sporangiums schwärmen sah, dagegen. Im gleichen Sinne dürfen wir bei höheren Pflanzen, die sich durch Viviparie auszeichnen, keine Hemmungserscheinungen erwarten.

Ferner sind aus praktischen Gründen alle jene Pflanzen auszuschließen, deren Samen eine längere, durch innere Ursachen bedingte, Ruheperiode durchmachen, da hier die Fruchtsubstanz meist bereits durch Fäulnis verändert ist, wenn die Keimung einsetzt, und keine sicheren Ergebnisse gewonnen werden. Auch die große Zahl jener Samen, die sich durch sklerenchymatische Schichten in der Testa oder andere Einrichtungen gegen den Eintritt von Quellungswasser schützen, wie solche vieler Leguminosen, Cistaceen und Malvaceen, erscheinen für unsere Versuche wenig geeignet, da sie nur durch Operationen zur Keimung zu veranlassen sind, die ernsthafte Veränderungen der natürlichen Bedingungen darstellen. Ebenfalls wurden Früchte mit sklerenchymatischem Endokarp nicht untersucht.

Auch schien es mir ein müßiges Beginnen, bei Schließfrüchten, die mit ihren Samen zusammen oft eine physiologische Einheit darstellen, nach Hemmungswirkungen der Fruchtwand zu forschen. Hier sind dagegen die physiologischen Beziehungen zwischen Frucht und Fruchtboden der Bearbeitung wert, wie ich sie für *Potentilla argentea* und *Tagetes erecta* durchgeführt habe. Über die Keimung von Schließfrüchten besitzen wir übrigens eine gründliche anatomische Bearbeitung von Joxe.[2]

Endlich habe ich auch solche Samen von der Prüfung ausgeschlossen, die in ihrer Keimung vom Lichte stark beeinflußt werden. Konnte doch eine verschiedenartige Beeinflussung durch

---

[1] Zitiert nach J. Lloyd Williams, The Gametophytes and Fertilization in *Laminaria* and *Chorda*. Annals of Botany. Oct. 1921.

[2] Joxe A., Sur l'Ouverture des fruits indéhiscents, à la germination Ann. d. sc. nat. 9. sér. Bot. XV. p. 297 bis 375.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

das Licht bei vergleichender Aussaat auf mehreren Substraten zu schweren Irrtümern Veranlassung geben, denen ich glaubte, besser aus dem Wege gehen zu sollen.

Nach diesen Bemerkungen leuchtet ohne weiteres ein, welche Eigenschaften Samen, Sporen usw. besitzen müssen, um für Versuche über Keimungshemmungen in den natürlichen Behältern geeignet zu sein: sie müssen im physiologischen Zustand des latenten Lebens sich befinden, unmittelbar nach der Reife keimfähig sein, schnell keimen und sich gegen das Licht unempfindlich zeigen.

Methodik.

Bei derartigen Objekten prüfte ich den Einfluß der Fruchtsubstanz auf die Samen, der Sporangienwandung auf die Sporen usw. durch vergleichende Aussaat auf einem einflußlosen Keimboden. Nachdem ich mich überzeugt hatte, daß selbst geschlemmter und sterilisierter Sand als solcher nicht anzusehen ist, habe ich nur noch mit Filtrierpapier gearbeitet, das mit destilliertem Wasser stets bis zur Sättigung feucht gehalten wurde. Mit diesem wurde der Boden von Petrischalen ausgekleidet. Nun gab ich in die eine Schale etwas von der zu untersuchenden Frucht oder dem Sporangium, beziehungsweise einen Auszug davon hinein und säte in diese und eine andere Schale, die nur destilliertes Wasser enthielt, gleiche Mengen von Samen, beziehungsweise die Sporen aus. Ließ sich nach einigen Tagen eine Hemmung in der Schale feststellen, die die Frucht- oder Sporangiensubstanz enthielt, so konnte bei der Wiederholung des Versuches der Fruchtextrakt (die zerriebenen Placenten usw.) in verschiedener Konzentration angewendet werden. Durch diese Anordnung gelang es dann zuweilen, fortschreitende Reihen immer besserer Keimungsergebnisse von Schale zu Schale zu erzielen, die durch die sinkende Konzentration des Auszugs der beigegebenen Fruchtmasse hervorgerufen werden. War dies gelungen, so war das Vorhandensein einer keimungshemmenden Substanz in der Frucht (Sporangium usw.) so wahrscheinlich geworden, daß nun an die Prüfung der Hitzebeständigkeit, Lokalisierung in bestimmten Teilen der Frucht, Ausfällung von Extrakten mit Alkohol und Äther zur Prüfung auf Fermente usw. gegangen werden konnte. Hier begann demnach die Arbeit des Chemikers, deren Durchführung von mir nicht mehr angestrebt wurde.

Ganz besondere Aufmerksamkeit war der Desinfektion zuzuwenden. Die Schimmelpilze und Bakterien werden in der Regel reichlicher in den Schalen auftreten, wo ihnen in der Fruchtsubstanz eine reichliche und leicht angreifbare Nahrung geboten wird. Daher ist im allgemeinen nicht mit dicken Fruchtstücken experimentiert worden. Es genügten zum Nachweis der Hemmungserscheinungen, wo solche überhaupt sich zeigten, schon geringe Substanzmengen, deren Desinfektion mit Toluol im allgemeinen leicht gelang. Ich habe mich überzeugen können, daß Toluol von den meisten Samen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

ohne jede Beeinträchtigung der Keimkraft ertragen wird, während, wie bekannt, Formaldehyd und Sublimat die Samen schädigen und, in sehr geringen Konzentrationen angewendet, das Gegenteil der beabsichtigten Wirkung hervorrufen, indem sie das Wachstum der Fäulnisbewohner befördern helfen. Man kann Toluol getrost in konzentriertem Zustand in Gestalt von 1 bis 2 Tropfen in die Schalen geben. Schädigungen der Keimkraft sind mir hierbei in keinem Falle begegnet.

Einer ganz sterilen Aufzucht der Samen in der sterilisierten Fruchtsubstanz stellen sich die ernstesten Schwierigkeiten entgegen, da hohe Temperaturen nicht anwendbar sind. Ich habe daher auf solche Versuche verzichtet. — Erwähnt sei noch, daß für die Behandlung kleiner Objekte die angegebene Methodik nicht anwendbar ist. Ich experimentierte hier mit Erfolg auf Objektträgern in einer feuchten Kammer. Die folgenden Versuche fanden im Gewächshaus des Instituts am Lichte oder aber in einem Wärmeschrank im Dunkeln statt. Die Temperatur schwankte im Gewächshaus um 20° C., während die Temperatur des Wärmeschranks auf 22 bis 30° C. eingestellt wurde. Auf Einzelheiten kann erst im speziellen Teil eingegangen werden.

Versuche.

A. Lebermoose.

Meine ersten Versuche führte ich mit Lebermoosen durch. Zunächst legte ich in 3 Petrischalen Thallusstücke von *Marchantia polymorpha* auf Filtrierpapier aus. Diese trugen reichlich Brutbecher. Ein Teil der Brutkörper wurde den Bechern entnommen und in die gleichen Schalen neben die Thallusstücke ausgesät. Das Filtrierpapier wurde getränkt in Schale

A. mit Aqua dest.;

B. mit Nährlösung (KCl 1%, $MgSO_4$ 1%, KNO_3 1%, KH_2PO_4 1%, Aqua dest. 96%, 2 Tropfen $FeSO_4$):

C. mit Hochquellwasser der Wiener Wasserleitung.

Beginn 20. X. 1921.

Aufstellung am Lichte im Gewächshaus.

Das Ergebnis des Versuches war folgendes: Nach vier Tagen bereits begann die Keimung der auf Filtrierpapier frei ausgesäten Brutkörper in allen drei Schalen, während die im Brutbecher verbliebenen keine Veränderung zeigten. Die ausgekeimten Brutkörper waren nach 4 Wochen, am 17. XI., bereits zu ansehnlichen jungen Pflänzchen ausgewachsen (die auf die Nährlösung natürlich am besten gediehen), während ihre Altersgenossen in den Brutbechern noch immer in Ruhe verharrten. Bei mikroskopischen Stichproben ergab sich allerdings an diesem Tage der erste positive Befund in einem Brutbecher des mit Nährlösung ernährten Thallusstückes: einzelne Brutkörper zeigten nun auch im Becher der Mutterpflanze eine geringe Streckung im Sinne der durch die beiden Vegetationspunkte bestimmten Achse.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Nach weiteren 8 Tagen, am 25. XI., ließen sich solche Keimlinge auch in einzelnen Bechern der Schalen *A* und *C* nachweisen, während bei Abbruch des Versuches am 1. XII. doch noch immer diese Becherkeimlinge Ausnahmen geblieben waren und die Mehrzahl der Brutkörper auch weiterhin nicht gekeimt hatte.

Gleichzeitig mit diesem Versuch unternahm ich einen zweiten, in dem das Filtrierpapier zweier Petrischalen mit Quellwasser getränkt wurde. Die Brutbecher der einen Schale wurden mit Nährlösung, die der zweiten mit Aqua dest. beträufelt, und zwar am 20., 24. und 29. XI. In diesem Versuch hoffte ich durch die Nährlösung eine baldige Auskeimung der Brutkörper auch in den Bechern zu erzielen. Die Nährlösung sollte also dem hypothetischen Hemmungsstoff entgegenwirken.

Das Ergebnis entsprach jedoch dieser Anschauung nur unvollkommen. Auch hier keimten bereits nach 4 Tagen die ersten ausgefallenen Brutkörper außerhalb der Thallusstücke auf dem Papier, jedoch verharrten die in den beträufelten Bechern verbliebenen Altersgenossen auch hier 3 Wochen lang in voller Ruhe. Erst am 14. XI. (drei Tage früher als in dem anderen Versuch) konnte ich in den beträufelten Bechern die ersten Keimlinge feststellen.

Mein Versuchsprotokoll verzeichnet am 14. XI.: In einem der mit Nährlösung beträufelten Becher Auskeimung, hier über 50% Keimlinge, die teilweise schon vierfach breiter als lang sind. Dieser Becher erscheint noch grün. In den anderen Bechern fast keine Entwicklung. In den mit Aqua dest. beträufelten Bechern der anderen Schale keine Keimungen.

In diesen mit Aqua dest. beträufelten Bechern stellte ich die ersten Keimlinge erst 11 Tage später fest, nämlich am 25. XI. Ich entnahm an diesem Tage eine Anzahl ungekeimter Brutkörper, die ich seit 5 Wochen als gehemmt beobachtet hatte, einem Becher, der keine Keimlinge aufwies, und säte sie auf Aqua dest. in einer anderen Schale aus. Nach 5 Tagen zeigte sich rege Keimung, von einer Schädigung durch »Überliegen« konnte keine Rede sein.

In einem weiteren Versuche versuchte ich festzustellen, ob der Aufenthalt im Brutbecher die einmal begonnene Keimung frei ausgesäter Brutkörper zum Stillstand zu bringen vermag. Zu diesem Zwecke wurden frischgekeimte Blutkörper, deren Breite sich zur Länge wie 2 : 1 oder höchstens 3 : 1 verhielt, in Brutbecher gelegt, aus denen die anderen Brutkörper zuvor entfernt worden waren. Nach 13 Tagen konnte ich feststellen, daß die angekeimten Brutkörper sich weiter entwickelt hatten. Daß sich die Weiterentwicklung nicht schneller zeigte, erklärt sich zwanglos aus den Verletzungen, die die Rhizoiden der jungen Keimlinge beim Loslösen von ihrem ersten Keimbett erfahren hatten.

Ich habe diesen Versuch am 11. XI. wiederholt, diesmal mit ganz besonderer Vorsicht. Jeder Brutkörper wurde zunächst mikroskopisch geprüft und vorsichtig nur je ein Brutkörper in die gesäuberten Becher mit den Rhizoiden nach unten eingelegt. Zum Unterschied gegenüber dem vorhergehenden Versuch wurden diesmal die Thallusstücke mit Nährlösung übergossen. Es ließ sich hier bereits nach 10 Tagen feststellen, daß die Weiterentwicklung der Brutkörper durch die Zurückbringung in die Becher der Mutterpflanze nicht mehr beeinträchtigt wird.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Das Ergebnis dieser vier Versuche mit den Brutkörpern der *Marchantia polymorpha* darf ich wohl dahin zusammenfassen, daß die Vermutung Molischs von dem Vorhandensein einer Hemmungssubstanz in den Brutbechern große Wahrscheinlichkeit gewinnt. Diese hypothetische Substanz ist imstande, die Entwicklung der keimfähigen Brutkörper wochenlang hintanzuhalten, gegenüber bereits gekeimten Brutkörpern erweist sie sich dagegen als wirkungslos. Nährlösung vermag ihre Wirkung zwar etwas abzuschwächen, aber nicht aufzuheben. Ich halte an dieser Erklärung fest, obgleich es mir bisher nicht gelungen ist, die Wirkung des Hemmungsstoffes auch auf Filtrierpapier zu erweisen, auf dem vor der Aussaat der Brutkörper einige Becher zerquetscht worden waren.

Versuche, die später mit *Marchantia paleacea* und *Lunularia cruciata* ausgeführt wurden, zeigten nach 9 Tagen eine Keimung außerhalb der Becher auf feuchtem Papier, nicht aber in den Bechern selbst. Nach 48 Tagen konnte ich in den Bechern der *Marchantia paleacea* noch immer keine Keimungen feststellen, während sich aus den Bechern der *Lunularia cruciata* ansehnliche junge Pflanzen entwickelt hatten. Es ist also für die Brutkörper dieser Arten ebenfalls das Vorhandensein von Hemmungssubstanzen wahrscheinlich. Bei *Lunularia cruciata* scheint ihre Wirksamkeit gering zu sein.

Auch an den Sporen der *Marchantia polymorpha* habe ich positive Ergebnisse erhalten. Ein Archegonienstand mit reifen Sporenkapseln wurde umgedreht auf einen Objektträger gebracht und, mit einem Tropfen Nährlösung versehen, in eine feuchte Kammer gestellt. Nach einer Woche stellte ich fest, daß die Sporen, die neben dem Hute lagen, Keimschläuche gebildet hatten, während andere, die den Resten der Kapselwandung auflagen, ungekeimt geblieben waren.

B. Laubmoose.

Funaria hygrometrica.

Besonders auffallend waren die Hemmungserscheinungen bei den Kapseln der *Funaria hygrometrica*. Sammelt man die Kapseln dieses Laubmooses, am besten im grünreifen Zustand vor dem Abwerfen des Deckels, und zerreißt sie auf einem feuchten Stück Filtrierpapier derartig, daß das Licht in gleicher Weise die dem Kapselinnern aufliegenden, wie die unmittelbar auf dem Papier befindlichen Sporen trifft, so wird man nach einigen Tagen einen auffallenden Unterschied in der Entwicklung beobachten. Wie ich mich mehrfach überzeugen konnte, bilden etwa nach einer Woche die freiliegenden Sporen bereits ansehnliche Vorfäden aus, die den Durchmesser der Spore an Länge um ein Vielfaches übertreffen, während man sich bei Betrachtung nicht allzu feucht gehaltener Sporangienstücke unter dem Mikroskop überzeugt, daß ihnen außer einigen Keimlingen, die eben erst auszutreiben beginnen, hunderte von Sporen aufliegen, die lebhaft grün und mit Stärke vollgestopft

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sind, ohne noch einen Keimschlauch gebildet zu haben. — Bei diesen Versuchen legte ich das Filtrierpapier auf einem Objektträger aus. Dieser befand sich in einer Petrischale, die ihrerseits unter einer Glasglocke in einer feuchten Kammer stand. Auf diese Weise konnte einem Austrocknen des Filtrierpapiers und der mit Quellwasser durchtränkten Sporangienteile wirksam vorgebeugt werden. Das Ergebnis spricht deutlich für das Vorhandensein einer keimungshemmenden Substanz in der Sporenkapsel.

Mit

C. Pteridophyten und Gymnospermen

habe ich nicht experimentiert. Für die Gymnospermen liegt bisher die wichtige Angabe Haacks[1] vor, daß bei *Pinus silvestris* das Terpentin des Zapfens es sei, das keimungshemmend auf die Samen wirke.

D. Dikotylen.

1. Versuche mit fleischigen Früchten.

Nunmehr komme ich zur Schilderung jener Versuche, die ich mit fleischigen Früchten durchgeführt habe. Als das günstigste Objekt erwies sich hier *Solanum Lycopersicum*, jene Pflanze, der ich die bemerkenswertesten meiner Ergebnisse verdanke. Ich habe darüber bereits andernorts kurz berichtet[2] und habe den Gegenstand hier einer ausführlicheren Darstellung zu unterwerfen.

Die Samen in einer fleischigen Frucht erscheinen von vornherein gegen ein vorzeitiges Auskeimen am Orte ihrer Entstehung besser geschützt als die Brutkörper der *Marchantia*. Während nämlich diese dem Sauerstoff der Luft zugänglich sind, ist für jene die Sauerstoffzufuhr zum mindesten sehr beschränkt und gewiß für den Keimungsprozeß nicht ausreichend. Untersuchungen, die Bender[3] über das in den Äpfeln enthaltene Gas durchführte, haben gezeigt, daß sich in ihnen zwar Stickstoff und Kohlensäure, jedoch Sauerstoff nur in Spuren oder gar nicht nachweisen läßt. Dieser Tatsache habe ich dadurch Rechnung getragen, daß ich die Früchte in Scheiben oder Stücke zerlegte und, als ich sah, daß sich diese nicht ausreichend desinfizieren ließen, indem ich das Filtrierpapier der Petrischalen mit der durch ein Sieb gepreßten Fruchtmasse, beziehungsweise dem filtrierten Fruchtsaft tränkte und dann die Samen auf das Papier aussäte.

[1] Haack, Die Prüfung des Kiefernsamens. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1912, p. 1 bis 64.

[2] Oppenheimer H., Keimungshemmende Substanzen in der Frucht von *Solanum Lycopersicum* und anderen Pflanzen. Diese Sitzungsber., Abt. I, 131. Bd. Wien 1922.

[3] Bender C., Das Gas der Äpfel. Ber. der Deutschen chem. Ges., 1875, p. 112 bis 114.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Es hatte sich nun in einer ganzen Reihe von Versuchen, auf deren Darstellung ich wegen Raummangels verzichten muß, erwiesen, daß die Samen von *Solanum Lycopersicum* in Fruchtstücken und -scheiben auch dann nicht keimen, wenn dem Sauerstoff der Luft Zutritt zu ihnen geschaffen wird. Erst wenn der Fruchtsaft von dem Substrat (ich wählte zuerst Gartenerde oder Sand) mehr oder minder vollständig absorbiert worden war und die Fruchtscheiben sich in papierdünne Häute verwandelt hatten, die eine unmittelbare Berührung der Samen mit der Erde gestatteten, dann erst traten die ersten Keimungen ein, in den größeren Stücken aber noch später, nämlich wenn die Fruchtsubstanz durch die Tätigkeit der Schimmelpilze verzehrt oder vollständig verändert war.

Die Stärke der Keimungshemmung ergibt sich auch mit aller Deutlichkeit aus dem folgenden

Versuch 1.

Solanum Lycopersicum, 28. XI. 1921. Frucht vom Markt, im Kalthaus 8 Tage gelagert; als sie verwendet wurde, war sie noch fest und offenbar ganz frisch. Auf abgezogenen Epidermisstücken mit wenig Fruchtfleisch (*A*) und ohne Fruchtfleisch (*B*) wurden die Samen ausgesät, die vorher 5 Tage lang gewässert worden waren. In *A* Aussaat nur auf der Innenseite, in *B* auch auf der Außenseite. Gewächshaus, am Licht, etwa 20° C.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*
7	3	88
8	3	100
9	6	—
14	23	—
17	50	—
18	56	—
19	79	—

Die Reihe *d* bezeichnet hier und im folgenden die Zahl der seit Versuchsbeginn verflossenen Tage.

Dieser Versuch, der außerordentlich sauber und schimmelfrei blieb, zeigt die Stärke der durch ganz geringe Mengen der Fruchtsubstanz hervorgerufenen Hemmungen.

Nachdem sich nun auf diese Weise hatte zeigen lassen, daß der Sauerstoffmangel nicht der einzige Grund für das Unterbleiben der Keimung in der Frucht ist, konnte ich versuchen, durch Anwendung sinkender Saftkonzentrationen eine ansteigende Keimungsreihe aufzustellen, so wie ich es eingangs als ein Ziel der Untersuchung geschildert habe. Dies gelang mir in dem folgenden Versuch, der gleichzeitig beweist, daß das Toluol bei geringer Konzentration auf die Keimung keinen Einfluß ausübt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Versuch 2.

Blieb gänzlich schimmelfrei.

10 Petrischalen (*A* 1—5 und *B* 1—5) mit einer Schicht Filtrierpapier. In *A* Abnehmen der Konzentration des Fruchtsaftes von $^1/_2$ der natürlichen Konzentration bis $^1/_{32}$ der natürlichen Konzentration. Entsprechend sank die Konzentration des als Desinfiziens verwendeten Toluols von Schale zu Schale gleichmäßig von 0·2 % bis auf 0·0125 %. Die Kontrollschalen der Reihe *B* wurden mit reinem Toluolwasser beschickt, dessen Konzentration in den Schalen 1 bis 5 0·2, 0·1, 0·05, 0·025 und 0·0 % betrug. Aufstellung im Gewächshaus des Instituts am Lichte. Je 30 Samen. Die Reihe *d* bezeichnet wieder die seit Beginn des Versuchs verflossenen Tage.

Keimungsprozente.

d	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
6	0	0	0	0	30	47	13	37	37	0!
7	0	0	3	24	71	60	47	53	60	0!
8	0	7	13	52	80	80	83	80	80	10!
9	0	13	24	82	100	93	87	87	96	50!
11	0	33	50	90	—					
12	0	43	70	90	—					
15	0	50	87	93	—					
20	0	80	90	100	—					
25	0	80	93	—	—					
27	7	80	93	—	—					
33	45	80	96	—	—	Toluolkontrolle aufgehoben!				
37	70	90	96	—	—					

Schon diese Versuche möchten vielleicht hinreichend erscheinen, um zu erweisen, daß die Keimungshemmung bei *Solanum Lycopersicum* der Fruchtsubstanz zuzuschreiben ist. Trotzdem scheinen mir gegen die Berechtigung eines solchen Schlusses noch gewisse Einwände möglich, die sich durch die Ergebnisse der geschilderten und weiterer Versuche jedoch entkräften lassen.

1. Einige Schwierigkeiten ergeben sich bereits gegenüber dem Versuch einer physikalischen Deutung der Resultate. Man könnte meinen, daß die Zellen des Fruchtfleisches gegenüber denen des Samens hypertonisch seien und für die Samen daher in der Frucht die erste Vorbedingung der Keimung, nämlich die volle Quellungsmöglichkeit, nicht gegeben sei. Ich entnahm daher Samen aus einer Frucht und wog sie nach Auswaschung und folgender kurzer Abtrocknung. Das Gewicht von 44 Samen betrug 19 *cg*. Sie wurden nun auf Filtrierpapier in Aqua dest. ausgelegt und nach 3 Tagen, d. h. kurz vor Beginn der Auskeimung, wieder gewogen. Ihr Gewicht betrug jetzt 20 *cg*, hatte sich also nur unwesentlich erhöht. Wenn ich hieraus schließe, daß die Samen in der Frucht nicht durch Wassermangel, sondern durch andere Ursachen an der Keimung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

verhindert werden, so kann ich dies auch durch weitere Erfahrungen bestätigen. Ich beobachtete nämlich mehrfach Samen von außergewöhnlicher Größe (bis zu 4 *mm* Durchmesser), die nicht keimten, solange sie der Fruchtsubstanz auflagen. Übertrug ich aber derartige Samen in eine andere Schale, wo das Filtrierpapier mit Aqua dest. getränkt war, keimten sie in kurzer Zeit, ohne ihren Durchmesser noch weiter zu vergrößern. Vergleichende Bestimmungen des osmotischen Druckes des Fruchtsaftes einerseits und eines Samenextraktes andrerseits dürften diese Anschauung bestätigen.

Doch ist trotzdem zuzugeben, daß die Turgeszenz der Zellen des Embryos entsprechend der Konzentrationsabnahme des ihn umgebenden Fruchtsaftes steigen muß. Sollte vielleicht dieser Umstand für das Eintreten der Keimung maßgebend sein und sich behaupten lassen: je größer die Turgeszenz, um so schneller die Keimung? Erkennt man diese Möglichkeit an und erhebt sie zum Erklärungsprinzip, so würde der Same in der Frucht darum nicht keimen, weil das Konzentrationsgefälle in das ihn umgebende Medium zu gering ist, um die Keimung hervorzurufen. Diese Anschauung schien eine wesentliche Stütze zu erhalten, als ich die Keimung von *Solanum Lycopersicum* in Rohrzuckerlösung verschiedener Konzentration untersuchte. Bei 5% keimte bis zum 6. Tage kein Same. Bei geringeren Konzentrationen stiegen auch hier im allgemeinen die Keimprozente entsprechend dem Verdünnungsgrad und die erste Keimung setzte um so später ein, je konzentrierter die Lösung war. Es schien, als ob ein osmotischer Wert des Außenmediums von 4 bis 5 Atmosphären die Keimung zunächst gänzlich verhindere, während in der Reihe 2, 1, $^1/_2$, 0 Atmosphären sie immer schneller erfolge. Keimungen bei 5 und 10% wurden erst am 8. und 10. Tage festgestellt.

Dennoch ist eine solche osmotische Erklärung für *Solanum Lycopersicum* unbedingt abzulehnen. Sie ist nämlich unvereinbar mit der Tatsache, daß die Hemmungswirkung des Fruchtsaftes durch Erhitzen wesentlich abgeschwächt wird (siehe die Tabelle des Versuchs 3), während das Ergebnis des Rohrzuckerversuchs auch anders gedeutet werden kann. Der Rohrzucker kann in die Zellen eingedrungen sein und dort rein chemische Umsetzungen hervorgerufen haben, die eine fortschreitend bessere Keimung bei geringerer Konzentration zur Folge hatten. Für eine solche Schädigung spricht auch das schnelle Absterben der jungen Keimlinge in den Rohrzuckerschalen. Hiermit sehen wir uns wieder zur chemischen Auffassung zurückgeführt.

2. Ein zweiter ernsthafter Einwurf könnte die rein chemische Deutung der Ergebnisse zwar als berechtigt anerkennen, aber die Bildung des Hemmungsstoffes der Tätigkeit der Schimmelpilze und Bakterien zur Last legen. Dem widerspricht nun die Tatsache, daß von einem Schimmelbefall bei den Versuchen 1 und 2 nichts zu bemerken war und der sauere Charakter des Nährbodens den Bakterien nicht zusagen konnte. Ferner spricht gegen diese Auffassung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

auch hier das Ergebnis des eben erwähnten Versuches 3, in dem ich die Keimungsergebnisse in rohem und gekochtem Saft gleicher Konzentration miteinander verglich. Der Schimmelbefall, den ich diesmal nicht zu verhindern suchte, war in beiden Schalen nicht unbeträchtlich und in der Schale mit dem abgekochten Saft stärker als in der anderen mit dem rohen Saft. Trotzdem keimten die Samen in der ersteren bedeutend besser, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Versuch 3.

Keimungsprozente (je 40 Samen 9. XI. 1921).

d	Auf rohem Saft	Auf gekochtem Saft
7	0	2·5
8	0	5
9	4	17
10	13	53
12	29	83
13	42	83
14	51	83
19	89!	86
26	95!	94

Wie man sieht, hatten die Samen auf gekochtem Saft nach 12 Tagen schon zu 83% gekeimt, trotz der starken Zersetzungsvorgänge, während in der Schale mit dem rohen Saft erst jetzt, als der Schimmel wegen der starken Konzentration der eigenen Stoffwechselprodukte wieder zurückging, die Keimung erst recht einsetzte. Mir schien dieser Versuch so deutlich für das Vorhandensein einer nicht hitzebeständigen, keimungshemmenden Substanz im Fruchtsaft zu sprechen, daß ich auf die Durchführung eines sterilen Keimungsversuchs glaubte verzichten zu können.

Hiermit erscheint mir die Vermutung Molischs über das Vorkommen von Hemmungssubstanzen für *Solanum Lycopersicum* als bewiesen.

Wegen der großen theoretischen Wichtigkeit sei hier noch ein zweiter Versuch über die Wirkung hoher Temperaturen auf die Hemmungskraft des Fruchtsaftes angeführt.

Versuch 4 (30. XI. 1921).

Fruchtsaft von *Sol. Lyc.* etwa $^1/_8$ der natürlichen Konzentration, 3 Petrischalen, je 25 Samen.

A. Saft erhitzt bis 60°;

B. Saft erhitzt bis 100°;

C. Kontrolle: Aqua dest.

Wärmeschrank, dunkel, 22° C. Toluoldesinfektion.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*	*C*
1	0	4	36
2	8!	48!	92
3	68	84	96
5	96	80	100

Ob durch mehrstündiges Kochen der keimungshemmende Einfluß des Fruchtsaftes gänzlich beseitigt werden kann, wurde nicht geprüft. Nach 30 Minuten Einwirkung von 100° bleibt er jedenfalls noch deutlich.

Nun konnte ich daran gehen, die Natur des erschlossenen Körpers näher zu untersuchen. Hiermit bin ich jedoch noch nicht weit gelangt. Nur soviel kann ich sagen, daß es sich nach dem Ergebnis eines ersten Versuches um einen kolloidalen Körper zu handeln scheint. Nach Ausschüttelung eines Saftfiltrates mit Alkohol und Äther erhielt ich einen weißlichen Niederschlag, von dem ich eine Suspension in destilliertem Wasser herstellte. Obgleich ich nur eine winzige Menge von dem Niederschlag, schätzungsweise einige Zentigramm, zur fortschreitenden Verdünnung verwendete, ergab sich auch hier wieder die bekannte ansteigende Reihe der Keimungszahlen.

Versuch 5.

(Wärmeschrank 22° konst.) 14. XII. 1921.

Keimungsprozente.

	Konzentration			
d	*c*	$^1/_2\,c$	$^1/_4\,c$	H_2O
2	0	8	17	19
3	18	30	36	48

Es scheint, daß die Hemmungssubstanz von dem Alkohol niedergeschlagen worden war. Am vierten Tage nach Versuchsbeginn erhielt ich die Zahlen 61, 52, 61 77. Jetzt war also die Keimung bei der stärkeren Konzentration *c* besser als bei $^1/_2\,c$ und ebenso stark wie bei $^1/_4\,c$. Ich habe eine solche Umwandlung der hemmenden Wirkung in eine stimulierende, die an das Verhalten der Organismen gegenüber manchen Giften erinnert, mehrfach beobachten können. (Vgl. auch die letzten Zahlen des Versuches 3.) Man mag diese Erscheinung auf eine teilweise Zersetzung der Hemmungssubstanz zurückführen können.

Durch einen weiteren Versuch überzeugte ich mich, daß die Keimungshemmung auch dann noch deutlich hervortritt, wenn die Samen vor der Aussaat mit Säuren oder Alkalien behandelt werden.

Versuch 6.

Die Samen wurden im Saftfiltrat der eigenen Frucht ausgesät. Nach der Entnahme wurden sie 3 Stunden lang gewässert und darauf für 4 Parallelversuche vorbereitet durch einen zweistündigen Aufenthalt

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

A. in 0·2 Mol H_2SO_4;
B. in 0·1 Mol CH_3COOH;
C. in 0·2 Mol HNO_3;
D. in 0·2 Mol KOH.

Die Samen wurden nun unter dem Strahl der Wasserleitung einige Minuten gewässert und dann in 8 Petrischalen zur Aussaat gebracht:

1. Im Saftfiltrat (etwa $^1/_2$ der natürlichen Konzentration);
2. im aqua dest.

Aufstellung dunkel im Wärmeschrank, 22°. Toluoldesinfektion. Das Ergebnis gibt die

Keimungstabelle.

d	H_2SO_4		CH_3COOH		HNO_3		KOH	
	1	2	1	2	1	2	1	2
3	68	100	0	80	50	100	6	17
4	100	100	20	93	100	100	56	39
6			64	97			75	95
8			100	100			100	100

Es bleibt nun noch nachzutragen, daß die Hemmung bis ins Frühjahr hinein andauert. Ich habe im Februar und März 1922 ebensowohl angefrorene, feucht überwinterte, wohlerhaltene Früchte als auch eine solche untersucht, die auf einem Wandbrett des Gewächshauses zur Mumie eingetrocknet war. In beiden Fällen waren noch sehr bedeutende Keimungshemmungen nachweisbar.

Dagegen beobachtete Molisch gleichzeitig das Auftreten von Keimlingen aus einer Frucht, die im Laufe des Winters der Zersetzung im feuchten Sande anheimgefallen war und in einem großen Glasgefäß am Fenster seines Studierzimmers sich befand. Diese Beobachtung steht im besten Einklang mit der gärtnerischen Erfahrung. So berichtet mir mein gärtnerischer Arbeitsgenosse F. Birth, daß er aus Früchten, die auf dem Boden eines Gewächshauses unter den Pflanzengestellen im Winter verfault waren, im Frühjahr das Auskeimen von Samen beobachtet hat.

In ähnlicher Weise geht wohl die Vermehrung der Pflanze auch in der freien Natur vor sich. Die Früchte fallen überreif zu Boden, die Tätigkeit der Saprophyten im Verein mit der des Regens bewirkt die Zerstörung und Auswaschung der Fruchtmasse, sowie die Fortschwemmung der Samen, die nun, der keimungshemmenden Wirkung des Fruchtfleisches entzogen und zuweilen durch die keimungsfördernde Wirkung des Bodens begünstigt, zur Keimung gelangen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Anmerkung. Daß von einer keimungsfördernden Wirkung des Bodens hier gesprochen werden kann, scheint mir aus Versuchen hervorzugehen, die ich noch anhangsweise erwähnen möchte. Je 40 Samen von *Solanum Lycopersicum* wurden nach Waschung in Tonschalen ausgesät:

A. auf Gartenerde;

B. auf unbehandeltem lehmigen Sand;

C. auf dem gleichen Sand, der durch fünfmalige Ausschlemmung gereinigt wurde;

D. auf Sand, wie in *C* geglüht;

E. auf Sand, wie in *C* sterilisiert.

Aufstellung im Gewächshaus. 9. XI. 1921.

Keimungsprozente.

d	*A*		*B*		*C*	*D*	*E*
	hell	dunkel	hell	dunkel	hell	hell	hell
5	3	3	0	3!	0	3	0
7	66	71	5	73!	38	25	35
8	95	79	26	92!	53	48	58
9	98	87	50	97!	82	69	75
10	100	89	61	100!	92	82	98
12		100	66	100	100	92	98

Wie man sieht, zeigt sich im Lichte ein erheblicher Vorsprung der auf Gartenerde ausgesäten Samen gegenüber den auf behandelten Sand ausgesäten. Höchst auffällig erscheint mir das Ergebnis, das ich mit den beiden, durch einen Zinksturz verdunkelten Schalen erhielt. Während, wie man sieht, die Keimung auf Erde am Licht wie im Dunkeln etwa gleichmäßig fortschritt, erwies sich der lehmige Sand am Lichte als das weitaus ungünstigste Substrat, während er im Finstern alle anderen Keimböden übertrifft. Leider konnte ich dieser Beobachtung, die außerhalb des Rahmens meiner Untersuchung fällt, nicht weiter nachgehen. Die Außenbedingungen hinsichtlich Temperatur, Feuchtigkeit, Sauerstoffzufuhr waren genau die gleichen wie in den anderen Schalen. Vielleicht ergibt eine vergleichende Untersuchung der Licht- und Dunkelkeimung auf lehmigen Substraten auch für andere Samen ähnliche Ergebnisse.

Versuche mit anderen fleischigen Früchten.

Hatte das Ende der Vegetationsperiode 1921 einem weiteren Ausbau meiner Versuche mit *Solanum Lycopersicum* ein frühzeitiges Ziel gesetzt, so gilt das in noch höherem Maße für die Versuche mit anderen Objekten, wo das mir zur Verfügung stehende Material noch schneller erschöpft war. Dennoch sind die erzielten Ergebnisse nicht weniger auffallend, wie auch aus den photographischen Aufnahmen deutlich hervorgeht.

Lagenaria vulgaris.

Versuch.

Eine reife Frucht wurde durch ein quadratisches Loch geöffnet und so dem Sauerstoff Zutritt zu den Samen gewährt. Nach 9 Tagen überzeugte ich mich beim

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zerlegen der Frucht, daß keine Keimungen eingetreten waren. Hierauf wurden in 3 Petrischalen ausgesät:

A. ungewaschene Samen auf Schalenstücken mit Fruchtfleisch;

B. ungewaschene Samen auf Filtrierpapier;

C. gewaschene Samen auf Filtrierpapier.

Dann wurden, um Schimmel abzuhalten, Fruchtfleisch und Samen aller Schalen mit 0·4 % Formalin kurz abgespült. Hierbei kann eine nennenswerte Aufsaugung des Formalins durch das Fruchtfleisch schwerlich stattgefunden haben, weil dieses mit Fruchtsaft voll gesättigt war. Aussaat am 11. XI. 1921. Zunächst wurde der Versuch im Gewächshaus angestellt. Als nach 7 Tagen die Temperatur sich als zu niedrig erwiesen hatte, übertrug ich die Schalen in den Wärmeschrank. Nach weiteren 3 Tagen, am 21. XI., konnte ich feststellen:

Keimung in *A* 0 %, *B* 29 %, *C* 88 %.

Wie sich aus der Aufnahme (25. XI.) ergibt, bildeten die Keimlinge der gewaschenen Samen mächtige Wurzelsysteme aus. Bereits am 21. XI. maß ich Längen von 50 *mm* und beobachtete an einem Keimling 22 Nebenwurzeln. Dagegen erreichten die längsten Wurzeln der ungewaschenen Samen nur 15 *mm*. Nebenwurzeln waren nicht vorhanden und wurden auch später nicht gebildet. Vielmehr gingen die Samen in *A* und *B* ebenso wie die jungen Pflänzchen in *B* und *C* unter lebhafter Ammoniakbildung zugrunde. Dagegen hielt sich das Fruchtfleisch in der Schale *A* frisch und blieb schimmelfrei.

Das Ergebnis spricht wohl auch hier wieder für die Annahme einer Hemmungssubstanz im Fruchtfleisch. Doch sei für *Lagenaria* die Notwendigkeit der Wiederholung des Versuchs ausdrücklich anerkannt angesichts der Tatsache, daß hier mit Formalin gearbeitet wurde und daß der Beweis für die fortdauernde Keimfähigkeit der auf dem Fruchtfleisch ausgelegten Samen, wie er seit dem 28. XI. versucht wurde, mißlang.

Anmerkung: Wahrscheinlich wurden die anfänglich noch keimfähig gebliebenen Samen durch das entstehende Ammoniak getötet. Bokorny[1] fand NH_3 schon in einer Konzentration von 0·05 % für Samen tödlich. Man ersieht aus diesem Beispiel, daß man unbedingt nur mit gut desinfiziertem, ganz frischem Material arbeiten darf, um nicht durch postmortale Zersetzungsprodukte getäuscht zu werden.

Demgegenüber erscheint durchaus einwandfrei der entsprechende

Versuch mit *Cucumis sativa*,

obgleich ich hier nur 23 Samen in der untersuchten Frucht vorfand und nur diese zur Aussaat verwendete.

Es wurden ausgesät in Schale:

A. 5 Samen auf einem Längsschnitt durch die Frucht von etwa 1 *mm* Dicke, 2 Samen auf der Innenseite eines Oberflächenschnittes und 2 Samen frei mit anhaftendem Fruchtfleisch;

B. 8 Samen ungewaschen, auf Filtrierpapier;

C. 6 Samen, 15 Minuten gewaschen, auf Filtrierpapier.

Wärmeschrank dunkel, 25° C. Desinfektion mit Toluol. 18. XI. 1921.

[1] Bokorny Th., Einfluß verschiedener Substanzen auf die Keimung der Pflanzensamen. Biochem. Zeitschr. L., 1913, p. 1 bis 118.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*	*C*
1	0	0	0
3	0	13	67
4	0	38	83
5	0	50	83
10	22	88	100
11	56	88	100
20	78	88	100

Die Aufnahme vom 25. XI. 1921, also am 7. Tage seit Versuchsbeginn, zeigt auch hier deutlich die Verzweigung der Wurzeln in Schale *C*, die bei den Keimlingen der ungewaschenen Samen in Schale *B* vermißt wird.

Phytolacca dioica.

Phytolacca dioica, ein mächtiger Baum, von dem ich Samenmaterial aus dem Botanischen Garten in Genua benützte, besitzt sehr zuckerreiche Beerenfrüchte, in denen sich die dunkelgrauen, hartschaligen Samen befinden. Die von mir verwendeten Früchte hatten sich in den Ästen eines *Bambusa*-Dickichts gefangen und waren dort bis zum April zu rosinenartigen Beeren eingetrocknet. Ich mußte den Fruchtsaft stark verdünnen, um die Zuckerkonzentration herabzusetzen. Demgemäß gelang der Nachweis einer zahlenmäßigen Keimungshemmung gewaschener Samen in stark verdünntem Fruchtsaft nicht. Allerdings setzte die Bildung von Wurzelhaaren etwas später ein als in der Kontrollschale und es zeigte sich so wenigstens eine morphologische Hemmungserscheinung, auf die ich weiter unten zu sprechen komme. Dagegen zeigten sich Samen in ihrer Keimung stark beeinträchtigt, die ich nach Auswässerung des Zuckers in destilliertem Wasser ausgelegt hatte, ohne sie vorher von den Resten des ihnen zähe anhaftenden Fruchtfleisches zu befreien. Der Keimungsverzug ergibt sich aus folgender Tabelle.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*
16	0	16
23	37	80
25	47	80
26	47	84
29	77	84

a 30 ungereinigte, *b* 25 gereinigte Samen.

Liegt hier ein Hemmungsstoff vor? Die Antwort kann nur bejahend sein, wenn man sie aus dem Befunde der Beeren vor Beginn des Versuches ableitet. Die Samen liegen hier staubtrocken in der konzentrierten Zuckerlösung des Fruchtfleisches. Zerdrückt man sie zwischen den Fingern, so lösen sie sich in ein

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

weißes Pulver auf. Zweifellos besteht hier die osmotische Erklärung, die wir für *Solanum Lycopersicum* ablehnten, zu Recht: Der Zucker wirkt als osmotische Hemmungssubstanz. Daß dem Zucker die Fähigkeit zukomme, die Keimung der Samen in der Frucht durch Wasserentzug zu verhindern, ist zwar ein sehr naheliegender Gedanke, jedoch meines Wissens bisher noch nicht erörtert worden. Es scheint mir aber eine aussichtsreiche Aufgabe zu sein, zu untersuchen, in welchen Konzentrationen die Samen zuckerreicher Früchte noch zur Keimung gelangen, wenn man sie in Lösungen jener Zuckerarten aussät, die in den Früchten natürlich vorkommen.

Doch kehren wir zu unserem Versuch zurück. Die Keimungsverzögerung der ungereinigten Samen kann entweder den geringen Resten von Zucker zugeschrieben werden, die trotz der Auswässerung noch vorhanden sein mochten, sie kann ferner auf einen Hemmungskörper hindeuten, entsprechend dem uns bei *Solanum Lycopersicum* bekanntgewordenen, oder endlich läßt sie sich zurückführen auf ein postmortales Zersetzungsprodukt. Auch kann in dem anhaftenden Fruchtfleisch ein Quellungshindernis erblickt werden. Zwischen diesen Möglichkeiten eine Entscheidung zu treffen, fehlt es mir gegenwärtig noch an Mitteln.

Endlich sei noch eines Versuches mit *Maclura aurantiaca* gedacht, bei dem gewaschene Samen in 11 Tagen zu 28% keimten, während ungewaschene, auf einem Schnitt durch die Sammelfrucht ausgelegt, keine Keimungen zeigten. Da sich aber in dem Schnitt starke Zersetzung zeigte, trotz der Toluoldesinfektion, so möchte ich aus diesem Ergebnis keine Folgerungen ableiten. Somit komme ich zur Besprechung der

2. Versuche mit trockenen Früchten.

Während unter den fleischigen Früchten bisher keine Form gefunden wurde, von der sich nach den Versuchsergebnissen behaupten ließe, daß sie bestimmt keine hemmende Wirkung auf die Keimung der eigenen Samen ausüben, liegen die Verhältnisse bei trockenen Früchten wesentlich anders. Hier habe ich bisher mit den Hülsen der Leguminosen und den Schoten der Cruciferen nur negative Resultate erzielt. Über den Einfluß der Hülse der Leguminosen auf die Samenkeimung liegen, wie bereits erwähnt wurde, einige Angaben vor, über die hier folgendes zu berichten ist:

v. Jasienski (l. c.) verglich die Keimung der Samen von *Onobrychis sativa* innerhalb und außerhalb der Hülsen. Leider findet sich keine Angabe darüber, ob die Früchte vor der Aussaat geöffnet wurden, um dem Quellungswasser und dem Sauerstoff in gleicher Weise Zutritt zu dem dort befindlichen Samen zu schaffen wie zu den frei ausgelegten Samen des Kontrollversuchs. Anzunehmen ist, daß dies nicht geschah, da der Versuch, wie erwähnt, nur die praktische Seite der Frage klären sollte: ob nämlich ein Verbleiben

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in den Hülsen für die landwirtschaftliche Aussaat ungünstig oder belanglos sei. Wenn sich nun nach 3 Tagen zeigte, daß noch kein mit Hülse ausgelegter Same gekeimt hatte gegenüber 28·5% Keimungen der freiliegenden Samen, während nach 16 Tagen 77 beziehungsweise 76% zur Auskeimung gekommen waren, so erklärt sich dies zwangslos aus den Quellungs- und Atmungswiderständen, die der in dem Gefängnis der harten Schließfrucht eingeschlossene Same gegenüber dem freiliegenden Wettbewerber zu überwinden hat. Nobbe äußert sich (l. c.) über das Ergebnis des Versuchs mit den Worten: »Die Fruchthülle retardiert also etwas die Keimung.« Ob er an eine stoffliche Hemmung überhaupt gedacht hat, bleibt ungewiß.

Diese Bemerkung Nobbes hat Gola (l. c.) dazu veranlaßt, sich mit dem Problem zu beschäftigen. Er legte anläßlich seiner Versuche über die Bedingungen der Quellungsfähigkeit undurchlässiger Samen die Hülsen folgender Papilionaceen mit Samen zur Keimung aus: *Colutea arborescens, Anagyris foetida, Robinia Pseudacacia, Baptisia australis* und *Coronilla vulgaris*. Hierbei zeigte es sich, daß die Samen von Hülsen der gleichen Art sich sehr verschieden verhielten. So quollen in einer Hülse von *Colutea arborescens* sämtliche Samen, in einer anderen dagegen nicht ein einziger. Falls nun die Quellungsmöglichkeit für beide Hülsen in gleicher Weise gegeben war, ist das Verhalten wirklich sehr auffällig und spricht deutlich gegen das allgemeine Vorhandensein von Stoffen in der Hülse, die eine Quellung der Samen verhindern. Ob aber dem physikalischen Quellungsprozeß, dessen so verschiedener Verlauf nach Gola von dem Reifungsgrad der Samen abhängt, nun sogleich der physiologische Keimungsprozeß in allen Fällen folgte und ob dieser bei Samen außerhalb der Hülsen nicht anders verlief als innerhalb, darüber erfahren wir bei Gola nichts, so daß wir nicht prüfen können, ob seine Versuche ihm wirklich »erlauben, eine besondere Wirksamkeit der in den Hülsen enthaltenen Substanzen auf die Samen, die sie enthält, auszuschließen«. Wir können vielmehr aus seiner Arbeit hier nur lernen, daß die von ihm studierten Objekte zum Studium von Hemmungserscheinungen bei Leguminosen für unsere Zwecke wenig brauchbar sind.

Anmerkung. Gola bemüht sich um eine Erklärung des bei v. Jasienskis Versuch zutage getretenen Unterschieds in der Keimung von *Onobrychis sativa*, der auf der Vorstellung beruht, daß die Samen in der Hülse leichter (!) zur Keimung gelangt seien als außerhalb. Da dies nicht zutrifft, erübrigt es sich, auf diese Erklärung einzugehen.

Die dritte erwähnte Arbeit stammt von Riviera und bezieht sich wieder auf *Onobrychis sativa*. Der Verfasser stellt fest, daß die Keimung der mit Hülse ausgelegten Samen 2 bis 3 Tage mehr beanspruche als die der enthülsten. Zur Erklärung wird die langsamere Quellung der Hülsensamen und der mechanische Widerstand der Hülse herangezogen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Während nun die bisher erwähnten Autoren unser Problem nur nebenbei mit einer ungenügenden Methodik an ungeeigneten Objekten studierten, ist ein Versuch Modrys (l. c.) für uns von größtem Interesse. Diesem Forscher gelang es nämlich, bei grünreifen Früchten von *Phaseolus multiflorus* durch Einspritzung von Brunnenwasser eine Auskeimung der Samen hervorzurufen. Eine Erklärung dieser Erscheinung gewinne ich aus dem Ergebnis eines eigenen Versuches mit *Phaseolus vulgaris*.

Versuch mit *Phaseolus vulgaris*.

Zweck: Zur Lösung der Frage, ob auch bei den Hülsen von *Phaseolus vulgaris* von den Karpellen ein keimungshemmender Einfluß ausgeübt wird, wurde folgendermaßen verfahren:

Nach den ersten schwachen Nachtfrösten wurden Früchte von *Phaseolus vulgaris* (Material aus Gloggnitz-Semmeringbahn) von den Mutterpflanzen getrennt und am nächsten Tage auf Filtrierpapier in einer glasierten Tonschale ausgelegt. Die Schale wurde mit einer Glasglocke bedeckt, das Papier nur mäßig feucht gehalten, um Fäulnis und Schimmelinfektion in geringen Grenzen zu halten, was auch gut gelang.

Die Früchte, die 2 bis 4 reife Samen enthielten, und teils noch grün, teils aber schon trocken waren, wurden an der Bauchnaht geöffnet und die Hälfte der Samen herausgenommen, die andere Hälfte belassen. Da die Früchte verschiedenen Rassen angehörten und verschiedenfarbige Samen enthielten, konnte ein Irrtum über die Herkunft der herausgenommenen Samen nicht eintreten. Die trockenen Hülsen wurden besonders angefeuchtet, um Feuchtigkeitsdifferenzen auszuschalten.

Versuchsraum: Gewächshaus hell, etwa 20° C. Wetter trübe. Beginn 3. XI. 1921.

Verlauf.

7. XI. Auf Filtrierpapier keimen 2 Samen, in den zugehörigen Hülsen keine Keimungen.

9. und 11. XI. keine neuen Keimungen.

14. XI. Es ergibt sich folgendes Bild:

Hülse 1 (enthielt 2 Samen): Eine Keimung in der Frucht, eine außerhalb.

Hülse 2 (4 Samen): 1 Same außerhalb, schon am 7. XI. gekeimt gewesen, dann die beiden in der Frucht gefolgt, zuletzt keimt der 2. freie Same.

Hülse 3: 2 Samen innerhalb verfault, ein äußerer schon am 7. XI. gekeimt gewesen.

Hülse 4 und 5 (schwarzsamig): Noch ungekeimt.

Hülse 6! (nicht geöffnet gewesen, enthält 2 Samen): Ein Embryo sprengt mit der Radicula die Bauchnaht.

Am 16. XI. hatte auch der 2. Same in Hülse 6 gekeimt. Am 21. XI. zeigte sich, daß von den Samen der Hülse 5 nur einer innerhalb gekeimt hatte, während die außerhalb befindlichen ungekeimt blieben. Hülse 4 verfiel der Fäulnis.

Dieser Versuch zeigte mir, daß (trotz der 2 Samen außerhalb der Hülsen, die der Keimungsperiode der anderen vorangingen) bei *Phaseolus vulgaris* von Hemmungssubstanzen nicht die Rede sein kann. Die Samen keimen willig in den Früchten, wenn man ihnen genügend Feuchtigkeit und Sauerstoff bietet. Beachtenswert ist, daß die von mir gewählten Hülsen zum Teil noch grün waren, während

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

im übrigen wohl jeder Gärtner die Keimung von Bohnen aus reifen Hülsen an einem feuchten Orte einmal beobachtet hat.

Nach diesen Erfahrungen möchte ich annehmen, daß auch die Samen von *Phaselolus multiflorus* nur darum nicht an der Mutterpflanze zur Keimung gelangen, weil der Reifungsprozeß mit einer Wasserentziehung einhergeht. Füllt man dagegen, wie dies Modry durch seine Einspritzung tat, die Frucht in einem Stadium mit Wasser, wo eben die Keimfähigkeit der Samen erreicht, der Wasserentzug dagegen noch unvollkommen ist, so tritt Keimung ein.

Anmerkung. Am Schlusse seiner Untersuchung schreibt Modry hinsichtlich der wesentlich gleichen Wirkung, die ein mit Äther getränkter Wattepfropfen, eine Wasser- und eine Milchinjektion auf die Samen ausübte: »Ob aus diesen, fast gleichen Ergebnissen ein Schluß auf die physiologische Grundlage der Einwirkung von Äther auf pflanzliche Gewebe bezogen werden darf, bleibe dahingestellt.« Ist die oben entwickelte Anschauung richtig, so kann ein solcher Schluß nicht gezogen werden. Bei der Einspritzung von Wasser schafft man dem Samen eine rein physikalische Keimungsmöglichkeit, während der Äther nach Johannsen zur Spaltung von Stärke Anlaß gibt und so auf die im reifenden Samen vor sich gehenden Polymerisationen umschaltend einwirkt, sodaß jene Keimung auf andere Weise hervorgerufen wird.

Versuche mit *Lupinus luteus*.

Zwei Versuche mit *Lupinus luteus*, die ich im Jänner 1922 durchführte, lieferten ein entsprechendes Ergebnis wie das eben beschriebene mit *Phaseolus*. Diese Versuche seien als Beispiel für meine Behandlung trockener Objekte eingehend dargestellt. Das Ziel einer einwandfreien Methodik muß darin bestehen, einerseits eine ausgiebige Quellung der Frucht und des Samens herbeizuführen, andrerseits aber eine wesentliche Verdünnung eines etwa vorhandenen Hemmungsstoffes zu vermeiden. Ich erreichte dies hier in einer Petrischale, deren Boden wie gewöhnlich mit Filtrierpapier ausgekleidet war. Die Schale wurde mit mehreren Hülsenhälften bedeckt, deren Innenseite nach oben gerichtet war und denen die Samen auflagen. Dann füllte ich die Schale einige Millimeter hoch mit destilliertem Wasser, so daß die Hülsen davon eben bedeckt wurden und die Samen darin eintauchten. Die Schale blieb nun offen stehen. Nach Verdunstung des überschüssigen Wassers sind nach einigen Stunden alle Anforderungen erfüllt, die Früchte mit Wasser gesättigt, die Samen gequollen oder doch instand gesetzt, der Frucht Quellungswasser zu entziehen, die ins Wasser etwa diffundierten nicht flüchtigen Stoffe aber wieder durch Verdunstung konzentriert. Das Verfahren eignet sich besonders für schwer quellbare Trockenfrüchte. In der Kontrollschale lagen die Samen nur auf Filtrierpapier und tauchten eben so tief ins Wasser ein wie die anderen.

Die Quellung der Samen erfolgte hier mit großer Geschwindigkeit. Am nächsten Tage setze in beiden Versuchen bereits die Keimung ein. Das überschüssige Wasser war inzwischen verdunstet. Der Vorsprung der freiliegenden Samen gegenüber den Hülsensamen zählte nur nach Stunden (*h*).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lupinus luteus. (27. I. 1922.)

Keimungsprozente.

h	Samen auf Hülsen	Samen frei
24	38	80
29	73	90
46	100	100

Wie man sieht, liegt der Vorsprung der Kontrollsamen in einer Begünstigung innerhalb der ersten 40 Stunden. Ich erkläre mir dies daraus, daß eine Wasseraufnahme in dem destillierten Wasser noch etwas leichter erfolgte als in der verdünnten Lösung, die sich durch Diffusion aus den Hülsen bildete. Jedenfalls berechtigt die Tatsache, daß die Hülsensamen innerhalb 46 Stunden vollzählig keimten, nicht dazu, hier von Hemmungsstoffen zu sprechen. Wird demnach gefragt: Wodurch wird bei *Lupinus luteus* und ebenso bei *Phaseolus multiflorus* ein Auskeimen der Samen in den Hülsen der Mutterpflanze verhindert? — so ist zu antworten: Durch Wasserentzug während des Reifungsprozesses.

Weitere Leguminosen wurden bisher nicht untersucht. Wir müssen daher vorläufig uns mit der Feststellung begnügen, daß bisher weder in den älteren Arbeiten noch in der vorliegenden Hemmungsstoffe bei dieser Familie festgestellt werden konnten.

Was die Cruciferen anlangt, so zeigen sie bisher ebenfalls keine Keimungshemmungen in den Früchten. Aus den Schötchen einer *Lepidium*-Art, die sich in dem Zustand, in dem sie eingesammelt wurde, nicht mehr bestimmen ließ, beobachtete ich in zwei Versuchen rege Keimung. Das dünne Perikarp wurde von den Würzelchen der Keimlinge leicht gesprengt. Die gleiche Beobachtung machte ich sowohl im Winter als auch im Frühjahr an den Schoten von *Cheiranthus Cheiri*. Weder die Repla noch die Carpelle hemmen die Keimung. Versuche mit *Ionopsidium acaule* und *Thlaspi perfoliatum* lieferten keine Keimungen, da die Samen nach der Reife nicht sogleich keimfähig sind. Schoten von *Brassica* verfaulten, ohne Keimungen zu liefern. So ist es mir bisher nicht gelungen, an den Schoten der Cruciferen Hemmungserscheinungen festzustellen.

Solanaceen und Papaveraceen.

(Alkaloidhaltige Objekte.)

Dagegen gelang mir die Feststellung sehr erheblicher Keimungshemmungen bei den Kapseln von *Nicotiana rustica*, *Capsicum annuum* und *Papaver somniferum*. Bei einer vergleichenden Aussaat

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

von *Nicotiana*-Samen auf Kapseln und Kapselteilen einerseits und auf Aqua dest. andrerseits traten am vierten Tage starke Unterschiede auf, die ebenso die Anzahl der gekeimten Samen, wie die Entwicklung der Keimlinge betrafen. Die Keimung der Kapselkeimlinge blieb noch unvollzählig und die Würzelchen der gekeimten zeigten eine Länge von höchstens 1 *mm*. Demgegenüber hatten die Vergleichssamen zu 100% gekeimt und zeigten Würzelchen von durchschnittlich 3 *mm* Länge. Dieser Unterschied wurde im Laufe der nächsten 10 Tage immer auffallender. 14 Tage nach der Aussaat hatten die Vergleichssamen sämtlich ihre Keimblätter entwickelt, während die Kapselsamen noch immer im ersten Stadium der Keimung vor Befreiung der Keimblätter aus der Samenschale verharrten.

Am 20. Tage nach der Aussaat hatte sich das Bild wesentlich verschoben. Die Kapselkeimlinge hatten jetzt die Kontrollkeimlinge in der Entwicklung eingeholt und zeigten weiterhin sogar eine üppigere Entwicklung als diese, die infolge Nahrungsmangels zurückblieben. Ich gewann geradezu den Eindruck, daß nunmehr ein Agens in der Kapsel befördernd auf das Wachstum einwirkte, wie das ja auch bei *Solanum Lycopersicum* nach Ablauf einiger Zeit trotz anfänglicher Hemmung sich gezeigt hatte. Die Übereinstimmung mit den dort hervorgetretenen Erscheinungen wurde dadurch noch wesentlich auffallender, daß die gehemmten Keimlinge zunächst auch morphologische Besonderheiten gezeigt hatten, wie sie mir bereits bei *Solanum Lycopersicum* bekannt geworden waren: Sie zeigten nämlich keine Bildung von Wurzelhaaren und die Epidermis des Würzelchens war nicht glasartig hell, wie bei den normalen Keimlingen, sondern erschien wachsartig und undurchsichtig, das Organ als Ganzes betrachtet machte einen gestauchten, kränklichen Eindruck.

Erwähnt sei hier noch, daß ebenfalls eine Aussaat von Samen der *Nicotiana rustica* auf Laubblättern der eigenen Art durchgeführt wurde, die der Blütenregion entstammten und im grünen Zustand vertrocknet waren. Auf diesem Substrat zeigte sich nur ein Zerreißen der Testa. Weiter führte die Keimung nicht, da der Embryo offenbar getötet wurde. Ich möchte dies durch den Gehalt der Blätter an Alkaloiden erklären, in Übereinstimmung mit den Untersuchungen Cornevins[1] und de Toni und Machs[2], die den schädigenden Einfluß von Nikotinlösungen auf die Keimung des Tabaks festgestellt haben.

In einem weiteren Versuche gelang mir die Feststellung, daß die Keimungshemmung allein von der Plazenta ausgeht, während die Kapselwandung ohne jeden Einfluß bleibt. Nun konnte ich daran gehen, wieder eine fortschreitende Keimungsreihe aufzustellen.

---

[1] Cornevin, Action de poisons sur la germination des graines des végétaux, dont ils proviennent. Compt. rend. Ac., Paris 113, 1891, p. 274 bis 276.

[2] de Toni G. B. e Mach P., Sopra l'influenza esercitata dalla nicotina e dalla solanina sulla germogliazione dei semi di tobacco. Parma 1893, p. 63 bis 68.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Dies gelang mir aufs beste, indem ich in vier Schalen zerrieb und fein zerschnitt:

in *A* 10 Doppelplazenten;
in *B* 5 Doppelplazenten;
in *C* $2^1/_2$ Doppelplazenten;
in *D* 0 Doppelplazenten (Kontrolle).

Schon am vierten Tage zeigte sich überall Keimung, jedoch trat schon jetzt eine scharf ausgeprägte Reihe hervor, die sich in der mehr oder minder vollständigen Sprengung der Testa zu erkennen gab.

Über den weiteren Verlauf dieses Versuchs lasse ich das Versuchsprotokoll sprechen.

17. III. 1922 (7. Tag). Die »Reihe« kommt weiter gut zum Ausdruck:

In *A*: Würzelchen 1 *mm* lang;

In *B*: Würzelchen 3 *mm* lang, eben beginnende Befreiung der Keimblätter;

In *C*: Keimblätter befreien sich von der Samenschale, blaßgrün;

In *D*: einzelne junge Pflänzchen bereits von der Samenschale befreit, sattgrüne Blätter bei fast allen Keimlingen.

Am 18. III. bemerkt das Protokoll, ebenso wie am 22. III., das starke Zurückbleiben der Keimlinge der Schale *A*, wo die Würzelchen am 18. III. erst eine Höchstlänge von 2 *mm* erreicht haben. Noch am 22. III. bemerkte ich hier einzelne Samen mit eben erst ausgetriebener Radicula, »typische Stauchung und wachsartiges Aussehen der haarlosen Würzelchen wie bei *Solanum Lycopersicum*«. In den Schalen *B* bis *D* hatten sich die Unterschiede indessen verwischt, da der Keimungsprozeß abgeschlossen war, doch zeigten nur die Wurzeln der Schale *D* rein weiße Färbung, in den anderen Schalen zeigte sich eine Bräunung.

Der Versuch blieb ohne Anwendung eines Desinfektionsmittels durchaus sauber. Auch unter dem Mikroskop ließ sich eine bakterielle Zersetzung der Plazentarsubstanz nicht nachweisen. Es kann nun kaum einem Zweifel unterliegen, daß hier eine keimungshemmende Substanz in den Plazenten vorhanden ist. Ob es sich in den Kapseln wie in den Laubblättern um ein Alkaloid handelt, muß dahingestellt bleiben.

Nicotiana virginica.

Ein entsprechender Versuch, den ich mit frischgeerntetem Material von *Nicotiana virginica* (Bot. Garten, Pisa) durchführte, lieferte ganz andere Ergebnisse. Von einer wesentlichen Hemmungswirkung war hier nichts zu bemerken. Nur war eins deutlich: daß sich die jungen Pflänzchen gerade auf den Plazenten am üppigsten entwickelten! Vielleicht wirkte hier ein ähnlicher Stoff, wie bei *Nicotiana rustica* in sehr schwacher Konzentration stimulierend.

Capsicum annuum.

Von Solanaceen wurde weiter *Capsicum annuum* untersucht und festgestellt, daß schon eine geringe Beigabe von Kapselwand-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

oder Plazentarsubstanz zu den keimenden Samen erhebliche Hemmungen hervorruft. Ich zerschnitt hier Stücke der Fruchtwandung oder der Plazenta mit der Schere und verteilte die kleinen Stücke auf dem Filtrierpapier. In dem folgenden Versuch wurden zerschnitten:

in *A* etwa 2 cm^2 Fruchtwand von etwa 1 *mm* Stärke;
in *B* etwa $^3/_4$ cm^2 der gleichen Wand;
in *C* etwa $^1/_4$ cm^2 eines Plazentarblättchens von noch geringerer Dicke;
D Kontrolle.

Gewächshaus hell, 21. V. 1922. Toluoldesinfektion.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*	*C*	*D*
6	0	0	13	33
7	0	0	27	47
10	0	7	33	60
12	7	33	40	67

Der Befund bestätigte bereits einen entsprechend verlaufenen Vorversuch. Die geringe Menge der hier wirksamen Substanz und die systematische Verwandtschaft lassen auf einen ähnlichen Stoff wie bei *Solanum Lycopersicum* schließen. (*Atropa Belladonna* kam nicht zur Keimung.)

Ein mit

Papaver somniferum

durchgeführter Versuch zeigte einen ganz ähnlichen Verlauf wie die ersten, eben beschriebenen, mit *Nicotiana rustica*. Hier zeigte sich jedoch, daß nicht die Plazenten, sondern umgekehrt die Wandung und das Narbengewebe hemmend auf die Keimung wirken. Daß die Alkaloide des Milchsaftes die Hemmung bewirken, erscheint nicht unmöglich. Cornevin (l. c.) fand, daß Narcotin, Codein und Narcein fördernd, Papaverin dagegen hemmend auf die Keimung der Samen von *Papaver somniferum* einwirken, während Morphin und Thebain keinen Einfluß ausüben.

Endlich habe ich auch Samen von *Nicotiana rustica* in Kapselteilen von *Papaver somniferum* und umgekehrt angebaut. Die Tabaksamen erwiesen sich in den Mohnkapseln stark gehemmt, während sich die *Papaver*-Samen in ihrer Keimung durch die Plazenten der *Nicotiana*-Kapseln am 3. Tage etwas gehemmt zeigten, was aber am 6. Tage bereits nicht mehr festzustellen war. (Weitere Versuche über die spezifische Natur der Hemmungswirkungen habe ich bisher nicht durchgeführt.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Scrophulariaceen.

Auch bei Versuchen, die ich mit Scrophulariaceen durchführte, achtete ich gemäß meinen Ergebnissen mit *Nicotiana rustica* auf den Einfluß der Plazenten. Untersucht wurden gleichzeitig *Paulownia imperialis* (Material vom Lido bei Venedig) und ein *Verbascum* (Botanischer Garten Genua), dessen vorjähriger Fruchtstand keine Bestimmung mehr erlaubte. Es zeigte sich im Gewächshaus bei Aufstellung am Lichte eine starke Verspätung der Kapselkeimlinge. Nach 8 Tagen hatten bereits 31% der freiausgesäten *Verbascum*-Samen gekeimt, von den in den Kapseln verbliebenen nicht ein einziger. Entsprechend waren die Keimprozente bei *Paulownia* 28 und 0. Erst am 9. Tage zeigten sich in den Kapseln des *Verbascum* und erst am 10. auf der Kapselwandung (noch nicht auf den Plazenten!) der *Paulownia* die erste Keimung.

An diesem Tage übertrug ich die Versuchsschalen in den Wärmeschrank und war überrascht, daß nach zwei weiteren Tagen von dem bisher zutage getretenen Entwicklungsunterschied nichts mehr zu sehen war. Die jungen Pflänzchen schossen jetzt lebhaft aus den *Verbascum*-Kapseln und besonders aus den Plazenten der *Paulownia* hervor und entwickelten sich dort sogar zu besonderer Üppigkeit.

Bei dem Versuche, zu einer Deutung des Ergebnisses zu gelangen, ist zu berücksichtigen, daß die Temperatur im Wärmeschrank dauernd 30° betrug, während sie im Gewächshaus um 25° schwankte, ferner daß eine Übertragung ins Dunkle stattfand. Maßgebend kann demnach für das verschiedene Verhalten der Samen gewesen sein:

1. Der Gegensatz von Licht und Dunkelheit,
2. Die absolute Temperaturhöhe,
3. Die Temperaturschwankung oder -gleichheit.

Dies ist noch weiter zu prüfen. Wahrscheinlich enthalten die Plazenten auch hier eine Hemmungssubstanz, deren Wirkung bei besonders günstigen Keimungsbedingungen nicht mehr zum Ausdruck gelangt, oder aber sich in ihr Gegenteil verwandelt.

Andere Dikotylen.

Salix caprea.

Die Samen von *Salix caprea* wurden von den am Funiculus sitzenden Haaren befreit und dann je zwei Samen in leere, noch grüne, aber trockene Kapseln der Mutterpflanze am Grunde der beiden Fruchtblätter eingelegt. 12 so behandelte Kapseln wurden in einer Reihe in einer Petrischale auf feuchtem Filtrierpapier ausgelegt, links und rechts davon je eine Reihe freier, ebenfalls enthaarter Samen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Bereits am Tage nach der Aussaat zeigten sich sämtliche Samen gekeimt, in der Entwicklung zeigte sich auch weiterhin kein Unterschied. Die Kapseln von *Salix caprea* üben demnach auf die Keimung der Samen keine hemmende Wirkung aus.

Schließfrüchtige.

Versuche mit *Tagetes erecta* und *Senecio vulgaris* ergaben keine wesentliche Beeinträchtigung in der Keimung der Achänen durch die Substanzen des Fruchtbodens und des Involucrums. Dagegen keimten die Früchtchen der *Potentilla argentea* auf den Fruchthöden zu 12·5 %, frei ausgesät zu 31 %, auf den Blättern sogar zu 38 %. Dies scheint mir dafür zu sprechen, daß die Untersuchungen, die in jüngster Zeit von Lumière[1] über die keimungshemmende Wirkung toter Blätter angestellt wurden, keine ganz allgemeine Geltung besitzen und jedenfalls diese nicht geeignet erscheint, als allgemeines Erklärungsprinzip für die hier behandelten Hemmungserscheinungen zu dienen.

E. Monokotylen.

Über Keimungshemmung bei monokotylen Samen besitze ich noch fast keine Erfahrungen. Samen der *Funkia ovata* keimten außerhalb der Kapseln zu 100 %, während die Kapselsamen fast sämtlich der Fäulnis zum Opfer fielen. Ein dort keimfähig gebliebener Same keimte wesentlich später als die frei ausgesäten.

F. Keimungshemmung in Antheren.

Im Laufe der Untersuchung kam mir der Gedanke, ob nicht vielleicht auch manche Antheren in ihren Pollenfächern Einrichtungen besitzen möchten, die einer vorzeitigen Keimung des Pollens vorbeugen. Dies erscheint besonders bei solchen Pflanzen der Prüfung wert, deren Pollen sich im gewöhnlichen Wasser zur Keimung bringen läßt. (*Plantago* nach Molisch, *Nicotiana, Galeobdolon luteum, Lysimachia Nummularia, Agapanthus* nach Strasburger). Es gelang mir der Nachweis einer solchen Hemmung bei *Galanthus nivalis*, wo der Pollen in 2% Zuckerlösung nur abseits von den Antheren Keimschläuche bildete, den Antheren aufliegend dagegen in demselben Tropfen ungekeimt blieb. Ich hoffe, über derartige Versuche später mehr berichten zu können.

An dieser Stelle möchte ich auch einige Worte über etwaige Keimungshemmungen bei den Sporen der Pilze anschließen, die ich nicht in die Untersuchung einbezogen habe. Wie bekannt, keimen die Sporen von *Taphrina*- und *Exoascus*-Arten häufig schon in den Schläuchen zu Konidien aus. Über die Bedingungen dieser Keimung sind wir durch Sadebeck[2] für *Exoascus Johansonii* unterrichtet. Dieser Autor konnte nämlich zeigen, daß die Sprossung in den Schläuchen bei trockener Witterung unterbleibt, bei feuchter Luft dagegen eintritt. Hier scheint demnach kein Hemmungsstoff im *Ascus* vorhanden zu sein. Dagegen sind weitere Ascomyceten und die Fruchtkörper besonders der Gastromyceten gewiß einer Prüfung wert.

---

[1] Lumière Aug., Action nocive des feuilles mortes sur la germination. C. R., Paris 1921, *172*, p. 232 bis 234.

[2] Sadebeck R., Beobachtungen und kritische Bemerkungen über die Exoascaceae. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1895. Bd. XIII, p. 265 bis 280.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Theoretische Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit ging von der Anschauung aus, daß die Behälter von Fortpflanzungskörpern außer ihrer typischen Funktion, die in der Erzeugung der Fortpflanzungskörper besteht, auch die Fähigkeit besitzen, diese vor einer vorzeitigen Keimung zu bewahren.

Fragen wir nun, wodurch dies erreicht wird, so zeigten sich drei grundsätzlich verschiedene Mittel, die das Unterbleiben der Keimung in den Behältern der Mutterpflanze zur Folge haben:

1. Wasserentziehung
   a) durch Unterbrechung der Zuleitung flüssigen Wassers,
   b) durch osmotisch wirksame Stoffe;
2. Die Erzeugung von Hemmungssubstanzen;
3. Der Abschluß vom atmosphärischen Sauerstoff.

Das Mittel der Wasserentziehung ist von außerordentlicher Wirksamkeit, weil es den keimungsbereiten Embryo zugleich eines unentbehrlichen Quellungs-, Nahrungs- und Transportmittels beraubt und so dreifach wirksam ist. Demgemäß finden wir es vielfach allein angewendet und dürfen uns nicht wundern, daß viele trockene Früchte von einer Hemmungssubstanz nichts erkennen lassen. Da das Wasser der atmosphärischen Niederschläge jedoch in diesen Fällen zur Keimung führen könnte, finden wir die trockenen Behälter, soweit sie aufrechtstehen und nicht aufreißen, in der Regel durch Deckelbildungen (Peristome usw.) geschützt.

In einigen Fällen finden wir das Mittel des Wasserentzuges mit der Ausbildung von Hemmungsstoffen gleichzeitig angewendet. Hier liegt ein besonders wirksamer Schutz vor. Es scheint mir bemerkenswert, daß solche Fälle sich besonders ausgeprägt bei den Solanaceen finden, einer Familie, die auch Vertreter mit fleischigen Früchten besitzt, in denen Hemmungsstoffe angetroffen werden.

Daß ein Auskeimen keimfähiger Fortpflanzungskörper in fleischigen Behältern unterbleibt, kann, wie sich zeigte, in einigen Fällen durch osmotischen Wasserentzug bedingt sein. In den meisten Fällen finden wir jedoch Hemmungssubstanzen, deren Wirksamkeit, wenn die Fortpflanzungskörper im Innern des Behälters eingeschlossen sind, durch Sauerstoffabschluß noch verstärkt erscheint. Vielleicht finden sich auch Fälle, wo alle drei Faktoren zusammenwirken. Im ganzen dürfen wir behaupten, daß die Fortpflanzungskörper der Pflanzen gegen frühzeitige Keimung an der Mutterpflanze außerordentlich wirksam geschützt sind. Da in feuchtwarmen Klimaten das Mittel des direkten Wasserentzuges wenig anwendbar erscheint, so ist zu erwarten, daß eine vergleichende Untersuchung über die Verbreitung keimungshemmender Substanzen in verschiedenen Klimaten solche in feuchtwarmen Gebieten am verbreitetsten, in Steppen und Wüsten aber am seltensten nachweisen wird.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Literatur über Hemmungsstoffe im Pflanzenorganismus.

Wenn in dieser Arbeit im Sinne Molischs besondere »Hemmungssubstanzen« zur Erklärung von Keimungshemmungen herangezogen werden, ohne daß es bisher versucht wurde, solche chemisch zu isolieren, so ist dies eine Möglichkeit, von der viele Forscher bereits Gebrauch gemacht haben. Wiesner (l. c.) stützt sich bei der Annahme von Hemmungsstoffen in der Mistelbeere schon auf ältere Arbeiten von Loew und Zopf. Jäger[1] prägte zur Erklärung der »Rübenmüdigkeit« des Bodens den Begriff des »Selbstgiftes«, Reinitzer[2] sprach von Ermüdungsstoffen und Loew erklärte sich die wachstumshemmmende Wirkung des Lichts durch Bildung solcher Substanzen. Es ist ferner bereits seit langem bekannt, daß Pilze in Nährlösungen, in denen sie selbst längere Zeit kultiviert wurden, durch solche »Selbstgifte« geschädigt werden und es ist eine bemerkenswerte Analogie zu den von uns erschlossenen Hemmungssubstanzen, wenn nach Nikitinsky[3] zuweilen auch das Gegenteil beobachtet wird. Statt der Hemmungswirkung fand dieser Forscher in Gefäßen, in denen *Aspergillus niger* schon vorher kultiviert worden war, eine auffallende Vermehrung der Trockensubstanz bei den später dort wachsenden Myzelien dieses Pilzes.

Zu einem Verständnis der Erscheinungen, um die es sich bei unseren »keimungshemmenden Substanzen« mit Wahrscheinlichkeit handeln dürfte, gelangen wir jedoch nur auf Grund einer Kenntnis der Arbeiten die sich mit der »negativen Katalyse« beschäftigen.

Viele organische Substanzen, die in den Organismen ungemein verbreitet sind, wirken nach Bigelow[4] verlangsamend auf chemische Reaktionen ein. Es ließ sich zeigen, daß Spuren von Mannit, Glyzerin, Benzolderivaten die Oxydationsgeschwindigkeit von Natriumsulfit herabsetzen. Nach Young[4] wirken Alkaloide verlangsamend auf die Oxydation von Zinnchlorür ein. Nach Czapek[4], dessen Darstellung wir hier folgen, soll eine Oxydationshemmung in geotropisch gereizten Wurzelspitzen stattfinden. Die Annahme von negativen Katalysatoren erscheint nach Czapek sogar als theoretische Notwendigkeit. Er schreibt darüber:

»Bei weiterer Umschau in dem Heer der chemischen Erscheinungen, die wir in den organischen Wesen beobachten, wird es in der Tat sehr wahrscheinlich, daß nicht nur den Katalysatoren

---

[1] Jäger G., Über Ermüdungsstoffe der Pflanzen. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1895, XIII, p. 70 bis 72.

[2] Reinitzer Fr., Über Ermüdungsstoffe der Pflanzen. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1893, Bd. XI, p. 532 bis 537.

[3] Nikitinsky, Beeinflussung der Organismen durcheinander. Jahrb. für wiss. Bot., *30*, 1904. Zitiert nach Grafe V., Chemie der Pflanzenzelle. Berlin 1922, p. 177.

[4] Czapek Fr., Antifermente im Pflanzenorganismus Ber. der Deutschen bot. Ges., 1903, Bd. XXI, p. 231 ff.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Zelle, den Enzymen, eine wichtige Rolle zukommt, sondern daß eine wichtige Gruppe von Vorgängen im Stoffwechsel unserer Entdeckung harrt, welche in der Verzögerung der Reaktionen, in der Herabsetzung der Geschwindigkeit verschiedener chemischer Reaktionen im Organismus besteht. Der Begriff des Organismus als selbstregulierender Mechanismus, wie die Physiologie der neueren Zeit ihn allmählich herangebildet hat, würde uns die Annahme von Reaktionsverzögerungen theoretisch nahelegen, selbst wenn wir noch ohne jede Kenntnis von einschlägigen Erscheinungen wären.«

Es scheint mir hiernach mehr als eine unbegründete Vermutung zu sein, wenn ich glaube, daß auch die hier erschlossenen Hemmungssubstanzen in den Kreis dieser Erscheinungen sich werden eingliedern lassen. Ist es doch höchst unwahrscheinlich, daß die Mutterpflanze die eigenen Fortpflanzungskörper durch eigentliche Selbstgifte schädigt. Bedenken wir auch, daß die Keimung, chemisch betrachtet, u. a. in Oxydationsprozessen besteht, deren Zurückdrängung durch Antioxydasen oder andere Stoffe von negativ katalytischer Wirksamkeit eine befriedigende Erklärung der hier beschriebenen Hemmungserscheinungen liefern könnte.

Über diese Andeutungen möchte ich in chemischer Beziehung nicht hinausgehen und zum Schlusse nur noch betonen, daß gerade in der keimungsphysiologischen Literatur der letzten Zeit mehrfach von Hemmungsstoffen die Rede war. Neger[1] schreibt der Flüssigkeit, in der die Konidien einer *Pestalozzia*-Art von dem Myzel der Mutterpflanze abgeschieden werden, eine keimungshemmende Wirkung zu. Zlataroff[2] fand, daß Samen von *Cicer arietinum* in der Keimung durch die eigenen Stoffwechselendprodukte beeinträchtigt werden. Gassner[3] nimmt an, daß die Wirkung des Lichtes auf lichtgehemmte Samen in der Aktivierung eines »äußeren Hemmungsprinzips« zu erblicken sei und Magnus[4] gelang es sogar, bei *Phacelia tanacetifolia* einen derartigen Hemmungsstoff aus den Samen zu isolieren. Auch Simon[5] ist hier zu nennen.

[1] Neger, Keimungshemmende und keimungsfördernde Stoffwechselprodukte. Naturw. Wochenschr., Neue Folge, XVII, p. 141 bis 142.

[2] Zlataroff A., Über das Altern der Pflanzen. Zeitschr. für allg. Physiologie, XXII. Bd., 2. Heft, 1916.

[3] Gassner G., Beiträge zur Frage der Lichtkeimung, Zeitschr. für Bot., 1915, p. 609 ff.

[4] Magnus W., Hemmungsstoffe und falsche Keimung. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1920, p. (19) bis (20).

[5] Simon S. V., Über den Einfluß des Lichts auf die Entwicklung der Keimlinge von *Bruguiera eriopetala*. Ber. der Deutschen bot. Ges., Bd. XXXIX, 1921, p. 165 ff.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ergebnis für die angewandte Botanik.

Für den Praktiker entbehrt der Nachweis von Hemmungsstoffen in Früchten nicht des Interesses. Der zuweilen günstige Einfluß, den das Waschen der Samen auf die Keimkraft ausübt (Kinzel), erhält hier eine theoretische Begründung, ebenso dürfte für den schädlichen Einfluß, den Nobbe[1] bei Samen des Weinstocks hinsichtlich der Keimfähigkeit beobachtete, wenn diese in den einschrumpfenden Beeren nachreiften, durch die vorliegende Arbeit eine Erklärungsmöglichkeit gewonnen sein, falls er nicht auf Alkoholbildung beruhte.

Zusammenfassung.

Die Erfahrung, daß die meisten Samen in den Früchten nicht keimen, während sie, diesen entnommen, auf Sand oder Filtrierpapier leicht zur Keimung veranlaßt werden, führte Molisch zur Aufstellung eines bisher nicht im Zusammenhange behandelten Problems: Warum unterbleibt die Keimung von Fortpflanzungskörpern in den Behältern der Mutterpflanze?

Die vorliegende Arbeit ist der Versuch einer experimentellen Lösung des Problems. Es zeigt sich, daß das Unterbleiben der Keimung auf drei Ursachen beruht: Wassermangel, Sauerstoffmangel und Hemmungsstoffen.

Während einige Fortpflanzungskörper bei Aussaat auf feuchtem Filtrierpapier ebenso willig bei Gegenwart von Frucht-, bzw. Sporangiensubstanz der eigenen Art keimen wie bei Abwesenheit solcher Substanz (Samen von *Phaseolus vulgaris, Lupinus luteus, Lepidium, Cheiranthus Cheiri, Salix caprea),* zeigen andere sehr bedeutende Keimungshemmungen unter den gleichen Bedingungen (z. B. Brutkörper von *Marchantia polymorpha* in den Bechern, Sporen von *Funaria hygrometrica,* Samen von *Solanum Lycopersicum, Nicotiana rustica Capsicum annuum, Cucumis sativa, Lagenaria vulgaris* u. a.).

Besonders für *Solanum Lycopersicum* und *Nicotiana rustica* wird gezeigt, daß diese Hemmungswirkung der Fruchtsubstanz ihrer Masse proportional ist. Da die Wirkung der Fruchtsubstanz durch Erhitzen auf 100° bei *Solanum Lycopersicum* geschwächt wird, fallen hier andere Erklärungsmöglichkeiten fort und die Annahme von Hemmungsstoffen wird zur Notwendigkeit. Bei den anderen Objekten der zweiten Kategorie darf das Vorhandensein derartiger Substanzen als sehr wahrscheinlich gelten.

---

[1] Nobbe Fr., Untersuchungen über die Anzucht des Weinstocks aus Samen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Bd. 30, 1884, p. 229 bis 240.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die bisher in der Literatur beschriebenen Versuche über Keimung von Samen in der Frucht beziehen sich nur auf Leguminosen. Sie erweisen sich als methodisch unzulänglich und erlauben keine Schlüsse. Ihre Methodik wird durch eine einwandfreiere ersetzt, die sich je nach der Größe und dem Feuchtigkeitsgehalt der Objekte verschieden gestaltet.

Eine chemische Gewinnung der Hemmungsstoffe wurde bisher nicht versucht. Jedoch führt eine Betrachtung der Literatur zu der vorläufigen Arbeitshypothese, daß es sich um »negative Katalysatoren« handle, und zwar um solche, die auf die für die Keimung wesentlichen Oxydationsprozesse verlangsamend einwirken. Ob die Wirkung der Hemmungsstoffe als spezifisch zu betrachten ist, wurde bisher nicht näher geprüft.

Nachtrag.

Weitere Versuchsergebnisse: *Lonicera tatarica* lieferte bei freier Aussaat nach 13 Tagen die ersten Keimlinge, im Fruchtsaft ging der erste Same erst nach 43 Tagen auf. Für *Lonicera Xylosteum* ließ sich ebenfalls Hemmung durch eigenen Fruchtsaft nachweisen (Hemmungsreihe).

Bei *Solanum Lycopersicum* (Leonhards *Ambrosia*) untersuchte ich, ob der Saft unreifer Früchte verschiedener Stadien keimungshemmend auf reife Samen wirke und fand, daß dies selbst bei solchen Früchten nicht der Fall ist, die schon keimfähige Samen enthalten. Erst im letzten Stadium der Fruchtreife bildet sich demnach der Hemmungsstoff aus. Auf eine eingehende Darstellung der Versuche muß im Augenblick verzichtet werden.

Berlin-Lichterfelde, den 8. XI. 1922.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lagenaria vulgaris.

Rechts oben: Schale *A*. Ungewaschene Samen auf Fruchtfleisch keimen nicht.
Unten: Schale *B*. Ungewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen schlecht.
Links oben: Schale *C*. Gewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen gut.

Cucumis sativa.

Rechts oben: Schale *A*. Gewaschene Samen auf Fruchtteilen keimen nicht.
Links oben: Schale *B*. Ungewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen schwach.
Unten: Schale *C*. Gewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen gut.